

Hubungan Kehalusan, *Strength Activity Index*, Berat Jenis *Fly Ash* dengan Kuat Tekan Mortar Menggunakan *Artificial Neural Network*

Nikmatus Solikha, Pujo Aji dan Januarti Jaya Ekaputri

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

E-mail: pujo@ce.its.ac.id, januarti@ce.its.ac.id

Abstrak—Kehalusan, *strength activity index* dan berat jenis *fly ash* mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap hasil kuat tekan mortar. Perlu dilakukan penelitian untuk mencari pengaruh sifat-sifat tersebut dengan mengetahui hubungan antara sifat fisik *fly ash* dengan kuat tekan mortar. *Artificial Neural Network* (ANN) merupakan suatu model komputasi yang bekerja seperti sel saraf biologis pada otak manusia, dipakai untuk mencari hubungan tersebut melalui proses pembelajaran *Back-Propagation*. Langkah-langkah penelitian meliputi pengumpulan data, pemodelan, dan pengujian pemodelan yang sudah dibuat. Kehalusan, berat jenis dan *strength activity index* dipakai sebagai *input* dan kuat tekan mortar umur 28 hari sebagai target *output* dalam pemodelan. Pengujian dilakukan untuk mencari performa ANN yang paling optimal pada proses pelatihan dengan nilai *Mean Square Error (MSE) validation* terkecil. Dari penelitian yang telah dilakukan disimpulkan bahwa ANN dapat digunakan untuk membentuk hubungan antara kehalusan, *strength activity index* dan berat jenis *fly ash* dengan hasil kuat tekan mortar dengan kesalahan antara 0%-0.054%. Pada pengujian parameter pelatihan, didapatkan bahwa performa yang optimal dihasilkan dengan 1 *hidden layer* dengan 3 *node* dengan prosentase data 70% *training*, 15% *testing*, dan 15% *validation* dan MSE rata-rata 5.57×10^{-5} .

Kata Kunci—*Artificial Neural Network*, *Backpropagation*, *Mean Square Error*, sifat fisik *fly ash*.

I. PENDAHULUAN

Saat ini, *fly ash* banyak digunakan sebagai bahan substitusi parsial semen dalam pembuatan beton. Penggunaan *fly ash* membuat *workability* beton menjadi lebih bagus, lebih kedap air (*impermeable*), dan yang pasti harganya lebih ekonomis dibanding semen [1]. Hal yang harus diperhatikan dalam pemilihan *fly ash* adalah kandungan sifat-sifat fisik *fly ash* yang meliputi ukuran butiran, kehalusan, dan berat jenis. Sifat-sifat fisik *fly ash* tersebut mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap hasil kuat tekan jika *fly ash* dipakai sebagai bahan campuran dalam pembuatan beton. *Fly ash* mempunyai butiran yang cukup halus, yaitu lolos ayakan No. 325 (45 mili mikron) 5-27%, dengan *specific gravity* antara 2.15-2.8 dan berwarna abu-abu kehitaman [2].

Pada umumnya *fly ash* terbagi dalam tiga kategori, tergantung pada susunan komposisi fisik, kimia dan mineralnya. Klasifikasi dan syarat sifat fisik *fly ash* berdasarkan ASTM C-618 terlihat pada Tabel 1.

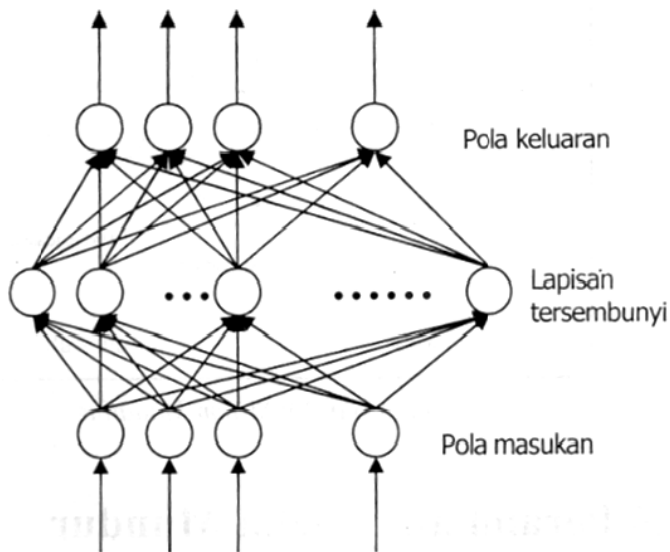
Tabel 1
Klasifikasi dan Syarat Fisik *Fly Ash* [3]

COMPOUND		N	F	C
Physical				
Fineness + 325 Mesh	max %	34	34	34
Strength Activity	min %	75	75	75
Water Requirement	max %	115	105	105
Autoclave	max %	0.8	0.8	0.8
Uniformity				
Density	max %	5	5	5
Retained on 45- μ m (No. 325)	max %	5	5	5

Selama ini penelitian mengenai *fly ash* masih sebatas pada mencari perbedaan antara hasil kuat tekan beton dengan campuran *fly ash* dengan beton konvensional dengan beberapa metode perawatan. Belum ada penelitian yang memastikan seberapa besar pengaruh sifat-sifat fisik *fly ash* itu sendiri terhadap hasil kuat tekannya, terutama kehalusan, *strength activity index* dan berat jenis *fly ash*. Untuk mengetahui hal tersebut perlu dicari hubungan antara sifat-sifat *fly ash* tersebut dengan hasil kuat tekannya. Untuk mencari hubungan tersebut cukup sulit jika dilakukan secara manual dan hubungan yang bisa dicari hanya terbatas pada data yang ada. Sehingga dibutuhkan suatu cara atau metode yang bisa dengan mudah menghubungkan antara sifat-sifat fisik *fly ash* tersebut dengan hasil kuat tekannya. *Artificial Neural Network* (ANN) dapat dipakai untuk mencari hubungan tersebut.

Artificial Neural Network (ANN) merupakan suatu model komputasi yang bekerja seperti sel syaraf biologis pada otak manusia. Kemampuan yang dimiliki ANN dapat digunakan untuk belajar dan menghasilkan aturan atau operasi dari beberapa *input* yang dimasukkan dan membuat prediksi tentang kemungkinan *output* yang akan muncul atau menyimpan karakteristik dari *input* yang disimpan kepadanya.

Sebuah jaringan dalam ANN merupakan kombinasi dari beberapa neuron. Jaringan tersebut terdiri dari sebuah lapisan masukan (*input layer*), sebuah lapisan keluaran (*output layer*) dan kemungkinan satu atau lebih lapisan atau sering disebut sebagai lapisan tersembunyi (*hidden layer*) [4]. Jaringan tersebut dapat digambarkan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Jaringan ANN [5]

1. Sebuah lapisan masukan (*input layer*), Berfungsi untuk menerima pola *input* data dari luar yang menggambarkan suatu permasalahan.
2. Lapisan tersembunyi (*hidden layer*) Berfungsi untuk menerima masukan dari lapisan *input*.
3. Sebuah lapisan keluaran (*output layer*) *Output* dari lapisan ini merupakan solusi ANN terhadap suatu permasalahan.

Algoritma pembelajaran *Backpropagation* merupakan algoritma yang sering digunakan dalam menyelesaikan masalah-masalah yang rumit. Langkah awal untuk memodelkan algoritma adalah dengan *training* data spesifikasi *input* dan *output* pada data percobaan, yang kemudian di *test* dengan menggunakan model ANN, hingga didapat hubungan *input* dan *output*. *Testing* dilakukan untuk menguji keakuratan hasil pemodelan. Untuk training ANN, perlu dimasukkan sejumlah *input* data yang kemudian akan menghasilkan beberapa *output*. Untuk membandingkan hasil *output* ini dengan target *output* untuk setiap *input* diperlukan perhitungan nilai *error*. Perhitungan *error* ini selain dapat menentukan bahwa hasil *output* benar atau salah, juga dapat menentukan derajat kebenaran atau kesalahan. Fungsi *error* yang umumnya digunakan adalah MSE (*Mean Square Error*). MSE merupakan rata-rata kuadrat dari selisih antara *output* jaringan dengan target *output* [6].

II. URAIAN PENELITIAN

A. Pengumpulan dan analisa data

Pengumpulan dan analisa data dilakukan untuk memperoleh data sekunder yang akan distudi dan dipakai dalam pemodelan ANN. Ada dua macam data sekunder yang dipakai dalam pemodelan, yaitu data dari Laboratorium Beton dan Bahan Bangunan ITS sebagai data sekunder dan hasil penelitian Priadana [7] sebagai data sekunder II. Data yang diperoleh berupa data hasil uji fisik *fly ash* yang terdiri dari kehalusan, *strength activity index* dan berat jenis dan hasil

kuat tekan mortar silinder umur 28 hari, dengan campuran *fly ash* sebanyak 20%.

B. Uji fisik dan pembuatan benda uji mortar

Uji fisik dan pembuatan benda uji mortar dilakukan untuk memperoleh data primer yang juga akan distudi dan dipakai dalam pemodelan. Uji fisik yang dilakukan meliputi uji kehalusan, *strength activity index* dan berat jenis. Benda uji yang dibuat berupa mortar kubus dengan panjang sisi 5 cm dengan campuran 20% *fly ash* yang kemudian dikonversi ke bentuk silinder. Pemakaian 20% *fly ash* ini berdasarkan prosentase *fly ash* yang dipakai data sekunder. Jumlah benda uji yang dibuat sebanyak 30 buah dan di uji kuat tekannya pada umur 28 hari,

C. Pemodelan ANN

Dalam penelitian ini akan dilakukan pemodelan terhadap data sekunder I, data sekunder II dan data primer untuk mengetahui perbedaan hasil pemodelan. Dalam Tabel 2 ditunjukkan perbedaan dari data sekunder I, data sekunder II dan data primer yang dipakai dalam pemodelan.

Tabel 2.
Perbedaan Dari Data Sekunder I, Data Sekunder II dan Data Primer

Data	Sumber Data	Jumlah data
Sekunder I	Lab. Beton dan Bahan Bangunan ITS	79
Sekunder II	Hasil Penelitian Priadana [7]	36
Primer	Hasil Eksperimen Penulis	30

Secara umum pemodelan dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

1. Memasukkan data *input* dan *output*
Tiga data sifat fisik *fly ash* yang menjadi *input* dalam pemodelan yaitu kehalusan, *strength activity index* (SAI) dan berat jenis. Data yang menjadi *output* adalah data kuat tekan mortar umur 28 hari. Selain itu juga dibuat pemodelan dengan 2 *input* saja yaitu berat jenis dan *strength activity index*, untuk mengetahui pengaruh kehalusan terhadap kuat tekan didalam pemodelan.
2. Menentukan prosentase data *training*, *testing* dan *validation*
Dalam penelitian ini, prosentase data *training*, *testing* dan *validasi* dicoba-coba dengan 3 macam kombinasi untuk mencari hasil pemodelan yang optimal. Kombinasi tersebut ditunjukkan pada Tabel 3.
3. Membuat jaringan
Jaringan algoritma *backpropagation* terdiri dari *input layer*, *hidden layer*, dan *output layer*. Inti dari algoritma *backpropagation* adalah *hidden layer* yang berpengaruh terhadap kemampuan model ANN untuk menggeneralisasi suatu fungsi /pola. Dalam penelitian ini, digunakan 1 *hidden layer* dengan variasi jumlah *node hidden layer* 2,3,4,dan5 seperti yang terlihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Kombinasi Prosentase Data *Training*, *Validation* dan *Testing*

Kombinasi	Prosentase Data			Jumlah Node Hidden Layer
	<i>Trainin g</i>	<i>Validation</i>	<i>Testing</i>	
1	50	30	20	2
				3
				4
				5
2	60	30	10	2
				3
				4
				5
3	70	15	15	2
				3
				4
				5

4. Training jaringan

Dari jaringan yang sudah dibentuk, kemudian dilakukan *training* jaringan dengan tiap kombinasi prosentase data *training*, *validasi* dan *testing* dan variasi jumlah *node hidden layer*. Dari hasil *training* masing-masing kombinasi tersebut dipilih hasil *training* yang menghasilkan *Mean Square Error* (MSE) *validation* terkecil. Namun apabila belum memenuhi hal tersebut maka bisa dilakukan *retrain* (*training ulang*).

Selanjutnya dilakukan uji keakuratan pemodelan dengan memasukkan nilai *input* baru (dari salah satu data studi kasus) yang belum pernah *training* kedalam pemodelan, untuk memprediksi hasil *output* (kuat tekan) dari *input* baru. Hasil prediksi kuat tekan tersebut dihitung *error*nya terhadap kuat tekan aktual dari *input* baru. Dalam penelitian ini, hasil pemodelan data sekunder I yang memiliki data terbanyak akan diuji keakuratannya. Uji keakuratan dilakukan dengan memasukkan nilai *input* baru berupa sifat fisik *fly ash* dari data primer untuk diprediksi kuat tekannya dan dihitung *error*nya terhadap kuat tekan aktual data primer.

D. Analisa hasil pemodelan

Setelah dilakukan *training* akan dihasilkan nilai MSE. MSE kecil dapat menentukan bahwa hasil *output* benar atau salah. MSE *validation* terkecil dari tiap kombinasi dikelompokkan untuk dibandingkan. Nilai MSE *validation* yang terkecil dari setiap kombinasi itulah yang dipakai sebagai hasil pemodelan dari data tersebut. Kemudian hasil dari *output* pemodelan dihitung *error*nya terhadap target kuat tekan [8].

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil studi data sekunder I, II dan data primer, pemodelan dengan 3 *node input* (kehalusan, berat jenis, *strength activity index*) dan 2 *node input* (berat jenis dan *strength activity index*), dihasilkan MSE *validation* terkecil dari kombinasi ke tiga dengan jumlah *node hidden layer* 2 dan

3, dengan nilai MSE *validation* seperti ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Nilai MSE *Validation*

Data	Node Input	Node Hidden Layer	MSE <i>Validation</i> Terkecil
Sekunder I	3	2	7.52×10^{-5}
	2	3	1.03×10^{-4}
Sekunder II	3	3	2.77×10^{-5}
	2	2	1.13×10^{-4}
Primer	3	3	6.49×10^{-5}
	2	3	1.01×10^{-4}

Tabel 4 menunjukkan nilai MSE *validation* terkecil dari setiap studi kasus data dihasilkan dari pemodelan dengan kombinasi prosentase data ketiga, dengan MSE rata-rata 5.57×10^{-5} untuk 3 *node input* (kehalusan, berat jenis, *strength activity index*) dan 1.06×10^{-4} untuk 2 *node input* (berat jenis dan *strength activity index*) dengan jumlah *node hidden layer* yang paling dominan adalah 3 *node*.

Nilai *error output* terhadap target yang dihasilkan dari pemodelan, baik dengan 3 *node input* (kehalusan, berat jenis, *strength activity index*) maupun 2 *node input* (berat jenis dan *strength activity index*) sangat kecil, dengan rentang nilai *error* seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5. Hal ini menunjukkan bahwasannya ada kecocokan atau hubungan antara *input* dan *output*. Nilai *error* yang dihasilkan antara target dan *output* dengan 2 *node input* (berat jenis dan *strength activity index*) atau 3 *node input* (kehalusan, berat jenis, *strength activity index*) tetap kecil. Hal ini menunjukkan bahwa nilai kehalusan tidak begitu berpengaruh dalam mencari hubungan sifat fisik *fly ash* dengan hasil kuat tekan mortar dalam pemodelan.

Tabel 5. Nilai *Error*

Data	Node Input	Node Hidden Layer	Rentang <i>Error</i> (%)	Rata-Rata <i>Error</i> (%)
Sekunder I	3	2	0 - 0.054	0.003
	2	3	0 - 0.005	0.002
Sekunder II	3	3	0 - 0.011	0.003
	2	2	0 - 0.011	0.003
Primer	3	3	0 - 0.008	0.002
	2	3	0 - 0.005	0.001

Uji keakuratan pemodelan dilakukan pada hasil pemodelan data sekunder I, dengan memasukkan data sifat fisik *fly ash* dari data primer sebagai *input*an baru. Hasil *output* (prediksi kuat tekan) dari uji keakuratan tersebut menunjukkan *error* yang cukup besar sampai 69% jika dibandingkan dengan kuat

tekan aktual data primer. Hal ini kemungkinan besar disebabkan karena populasi datanya. Populasi dan rentang data antara data sekunder I dan data primer I sangat berbeda. Ketika *running* pemodelan, ANN hanya akan mengenali pola data atau range data yang sudah pernah *ditraining*. Sehingga ketika memasukkan *inputan* baru untuk dicari *outputnya*, range data *inputan* harus masuk dalam range data yang dibuat pemodelan.

Untuk membuktikan hal tersebut, akan dicoba membuat pemodelan lagi dari data sekunder I yang memiliki jumlah data terbanyak dengan 79 data. Dua puluh data diambil secara acak, dipakai untuk uji keakuratan hasil pemodelan, dan sisanya 59 data dipakai untuk membentuk pemodelan. Pemodelan dibuat dengan prosentase data 70% training, 15% validation, 15% testing dan 2 *node* hidden layer untuk 3 dan 2 *node input*.

Dari hasil uji keakuratan tersebut, didapatkan nilai *error* prediksi kuat tekan pemodelan terhadap kuat tekan aktual yang sangat kecil, dengan rentang *error* antara 0% sampai 0.23%. Hasil *error* ini jauh lebih kecil dibandingkan dengan nilai *error* 69%. Hal ini disebabkan karena range data yang dipakai untuk uji keakuratan pemodelan sebagian besar masuk dalam range data yang dipakai dalam pemodelan. Sehingga ANN mampu mengenali dan membaca data baru yang diinputkan kedalam pemodelan tersebut. Hasil ini semakin membuktikan bahwasannya pemodelan ANN dapat dipakai untuk prediksi *output* dari data *input* baru, dengan ketentuan data *input* baru masih masuk dalam range data *input* yang dipakai untuk pemodelan dan populasi data yang digunakan sama [8].

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil eksperimen, analisa data dan evaluasi yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa performa ANN yang paling optimal yang menghasilkan nilai *MSE validation* terkecil adalah dengan prosentase data 70% training, 15% testing, 15% validation dengan jumlah *node hidden layer* 2 dan 3. Pemodelan ANN bisa dipakai untuk memprediksi *output* (kuat tekan) dengan hanya memasukkan *inputan* baru berupa sifat fisik dari *fly ash* kedalam pemodelan yang sudah dipilih, sehingga tidak membutuhkan waktu yang lama untuk mengetahui hasil kuat tekannya pada umur tertentu, dengan ketentuan populasi datanya sama atau range data *inputan* baru masih masuk dalam range data yang dibuat pemodelan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis N.S. mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Pendidikan Diniyah dan Pondok Pesantren, Kementerian Agama Republik Indonesia yang telah memberikan dukungan finansial melalui Program Beasiswa Santri Berprestasi (PBSB) selama masa studi dan kepada Ibu Santi dari Surya Beton Indonesia (SBI) yang telah memberikan bantuan material.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. W. Day, *Concrete Mix Design, Quality Control and Specification (3rd Edition)*, London and New York: Taylor & Francis (2006).
- [2] ACI Committee 233, "Ground Granulated Blast-Furnace Slag as Cementitious Constituent in Concrete," USA: American Concrete Institute (2000).
- [3] ASTM C618-03, *Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use as a Mineral Admixture in Concrete*, Annual Book of ASTM Standard (2003).
- [4] Jong Jek Siang, *Jaringan Syaraf Tiruan Dan Pemogramannya Menggunakan Matlab*, Yogyakarta: Andi Offset (2009).
- [5] Arief Hermawan, *Jaringan Saraf Tiruan Teori dan Aplikasi*. Yogyakarta: Andi Offset (2006).
- [6] Athur Adhi Buana, "Implementasi Pemodelan Artificial Neural Network (ANN) dalam prediksi data time series penjualan studi kasus PT. Varia Usaha Beton," Tugas Akhir Teknik Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya (2009).
- [7] Khorin Agus Priadana, "Karakterisasi Fly Ash Berdasarkan Sifat Fisik dan Kimia," Tugas Akhir Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya (2012).
- [8] Nikma Solikha, "Hubungan Kehalusan, Strength Activity Index, Berat Jenis Fly Ash dengan Kuat Tekan Mortar Menggunakan Artificial Neural Network," Tugas Akhir Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya (2012).